

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-209155  
 (43)Date of publication of application : 28.07.2000

(51)Int.CI. H04B 10/08  
 G02B 6/00  
 H04J 14/00  
 H04J 14/02

(21)Application number : 11-007165

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 14.01.1999

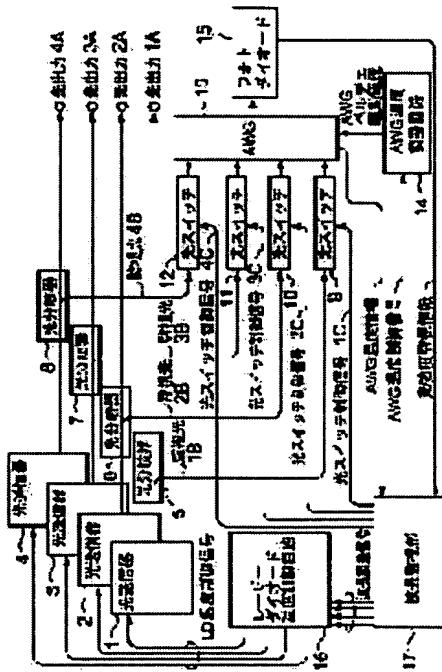
(72)Inventor : HOTTA ATSUYA

## (54) OPTICAL WAVELENGTH MONITOR CONTROLLER, OPTICAL WAVELENGTH MULTIPLEX OPTICAL TRANSMITTER, OPTICAL WAVELENGTH MONITOR CONTROL METHOD AND OPTICAL WAVELENGTH MULTIPLEX OPTICAL TRANSMISSION METHOD

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To suppress the increase of the scale of an optical wavelength monitor controller according to the attended with increase of the wavelength of an optical signal.

**SOLUTION:** The optical wavelength monitor controller that monitors the wavelength bands of a plurality of optical signals whose wavelength differs from each other is provided with optical filter means 9, 10, 11, 12, 13 with a plurality of transparent wavelength bands through which a plurality of monitor light signals branched from a plurality of optical signals pass and with a wavelength monitor means 14, 15, 17 that monitor a change in the intensity of the monitored light for every transmission of the optical filter means to obtain a wavelength shift in the optical signal.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.03.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 05.11.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-209155

(P2000-209155A)

(43)公開日 平成12年7月28日 (2000.7.28)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード (参考)

H 04 B 10/08

H 04 B 9/00

K 2 H 03 8

G 02 B 6/00

G 02 B 6/00

C 5 K 00 2

H 04 J 14/00

H 04 B 9/00

E

14/02

審査請求 有 請求項の数29 OL (全 15 頁)

(21)出願番号

特願平11-7165

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(22)出願日

平成11年1月14日 (1999.1.14)

(72)発明者 堀田 厚也

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74)代理人 100082935

弁理士 京本 直樹 (外2名)

Fターム (参考) 2H038 AA22 AA34

5K002 AA01 BA02 BA04 BA06 BA13

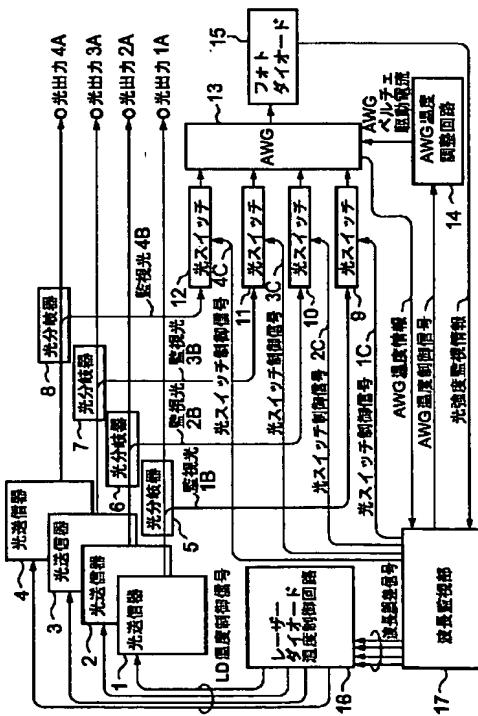
CA05 CA09 CA11 DA02 EA05

(54)【発明の名称】 光波長監視制御装置、光波長多重光送信装置、光波長監視制御方法及び光波長多重光送信方法

(57)【要約】

【課題】 光信号の波長の増加に伴う光波長監視制御装置の規模増大を抑制する。

【解決手段】 波長の異なる複数の光信号の波長を監視する光波長監視制御装置に、複数の光信号から分岐される複数の監視光が順番に透過し、複数の透過波長を有する光フィルタ手段9、10、11、12、13と、光フィルタ手段を透過する毎に前記監視光の強度変化を監視して光信号の波長ずれを求める波長監視手段14、15、17とを備える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長の異なる複数の光信号の波長を監視する光波長監視制御装置において、

前記複数の光信号から分岐される複数の監視光を順番に透過させ、複数の透過波長を有する光フィルタ手段と、前記光フィルタ手段を透過した透過監視光の強度変化を透過毎に監視して前記光信号の波長ずれを求める波長監視手段とを備えることを特徴とする光波長監視制御装置。

【請求項2】 前記光フィルタ手段の透過特性が波長に対して周期性を有することを特徴とする、請求項1に記載の光波長監視制御装置。

【請求項3】 前記波長監視手段は前記光フィルタ手段の状態を変化させて透過波長を掃引させ且つ前記透過監視光の強度が最大となる前記光フィルタ手段の状態変化を監視して前記光信号の波長ずれを求めるることを特徴とする、請求項1に記載の光波長監視制御装置。

【請求項4】 前記波長監視手段は前記光フィルタ手段の波長に対する透過率の変化に起因する前記透過監視光の強度変化を監視し、前記光信号の波長ずれを求めることが特徴とする、請求項1に記載の光波長監視制御装置。

【請求項5】 前記波長監視手段は前記光フィルタ手段に対して前記複数の監視光を順番に透過させる制御を行うことを特徴とする、請求項1に記載の光波長監視制御装置。

【請求項6】 前記波長監視手段は前記光信号の波長ずれに応じて前記光信号の波長を一定に制御することを特徴とする、請求項1に記載の光波長監視制御装置。

【請求項7】 前記光フィルタ手段には前記複数の透過波長を有するアレー導波路回折格子、ファブリーペロ干渉計、又はマッハーツエンダ干渉計のいずれか1つが設けられることを特徴とする、請求項1に記載の光波長監視制御装置。

【請求項8】 波長の異なる複数の光信号の波長を監視する光波長監視制御装置において、

前記複数の光信号から分岐される複数の監視光を入力し順番に透過させ又は遮断する光スイッチ手段と、

前記光スイッチ手段の出力に接続され、複数の透過波長を有し、温度変化により前記複数の透過波長が掃引されるアレー導波路回折格子手段と、

前記アレー導波路回折格子を透過した透過監視光の波長と前記透過波長とが一致するときのアレー導波路回折格子手段の温度について温度変化を監視して前記光信号の波長ずれを求める波長監視手段とを備えることを特徴とする光波長監視制御装置。

【請求項9】 波長の異なる複数の光信号の波長を監視する光波長監視制御装置において、

前記複数の光信号から分岐される複数の監視光を入力し順番に透過させ又は遮断する光スイッチと、

10 前記光スイッチの出力に接続され、複数の透過波長を有するアレー導波路回折格子と、前記アレー導波路回折格子の温度を変化させて前記複数の透過波長を掃引させるアレー導波路回折格子温度調整回路と、

前記アレー導波路回折格子を透過した透過監視光を入力し前記透過波長と前記透過監視光の波長とが一致するときに最大の光電流を出力するフォトダイオードと、前記光スイッチを制御し、前記アレー導波路回折格子温度調整回路を制御し、前記フォトダイオードの出力が最大になる時の前記アレー導波路回折格子の温度について温度変化を監視して前記光信号の波長ずれを求める波長監視部とを備えることを特徴とする光波長監視制御装置。

【請求項10】 前記アレー導波路回折格子にはその素子の近傍に加熱、冷却を行うペルチェ素子が設けられ、前記ペルチェ素子は前記アレー導波路回路格子の温度を変化させることを特徴とする、請求項9に記載の光波長監視制御装置。

20 【請求項11】 前記アレー導波路回折格子にはその素子の近傍に温度検出素子が設けられ、前記温度検出素子は前記アレー導波路回路格子の温度変化を求める前記波長監視部に出力することを特徴とする、請求項9に記載の光波長監視制御装置。

【請求項12】 前記波長監視部は、前記フォトダイオードの出力が最大になる時に前記アレー導波路回折格子の温度と、前記温度について前記波長ずれが無い場合の初期温度との差に前記アレー導波路回折格子の透過波長の温度係数を乗算して前記光信号の波長のずれを求めることが特徴とする、請求項9に記載の光波長監視制御装置。

30 【請求項13】 前記波長監視部は、前記アレー導波路回折格子の温度と前記透過波長との関係を記憶し、前記フォトダイオードの出力が最大になる時の前記アレー導波路回折格子の温度に対して上記関係から求めた透過波長と、前記波長ずれが無い場合の初期透過波長との差を前記光信号の波長のずれとして求めることを特徴とする、請求項9に記載の光波長監視制御装置。

【請求項14】 波長の異なる複数の光信号の波長を監視する光波長監視制御装置において、

前記複数の光信号から分岐される複数の監視光を入力し順番に透過させ又は遮断する光スイッチ手段と、

前記光スイッチ手段の出力に接続され、複数の透過波長を有するアレー導波路回折格子手段と、

前記アレー導波路回折格子を透過する透過監視光について前記アレー導波路回折格子の波長に対する透過率の変化に起因する強度変化を監視して前記光信号の波長ずれを求める波長監視手段とを備えることを特徴とする光波長監視制御装置。

50 【請求項15】 波長の異なる複数の光信号の波長を監

視する光波長監視制御装置において、前記複数の光信号から分岐される複数の監視光を入力し順番に透過させ又は遮断する光スイッチと、前記光スイッチの出力に接続され、複数の透過波長を有するアレー導波路回折格子と、前記アレー導波路回折格子を透過する透過監視光の強度を光電流として出力するフォトダイオードと、前記光スイッチを制御し前記アレー導波路回折格子の波長に対する透過率の変化に起因する前記フォトダイオードの出力変化を監視して前記光信号の波長ずれを求める波長監視部とを備えることを特徴とする光波長監視制御装置。

【請求項16】 波長の異なる複数の光信号の波長を監視する光波長監視制御装置において、前記複数の光信号から分岐される複数の監視光を入力し順番に透過させ又は遮断する光スイッチと、前記光スイッチの出力に接続され、複数の透過波長を有するファブリーペロ干渉計と、前記ファブリーペロ干渉計の状態を変化させて前記複数の透過波長を掃引させるファブリーペロ干渉計調整回路と、前記ファブリーペロ干渉計を透過した透過監視光を入力し且つ前記透過波長と前記透過監視光の波長とが一致するときに最大の光電流を出力するフォトダイオードと、前記光スイッチを制御し、前記ファブリーペロ干渉計調整回路を制御し、前記フォトダイオードの出力が最大になる時における前記ファブリーペロ干渉計の状態変化を監視して前記光信号の波長ずれを求める波長監視部とを備えることを特徴とする光波長監視制御装置。

【請求項17】 前記ファブリーペロ干渉計調整回路は、前記ファブリーペロ干渉計を構成する対向ミラー間のキャビティのギャップを変えるために前記対向ミラーの温度を変化させることを特徴とする、請求項16に記載の光波長監視制御装置。

【請求項18】 前記ファブリーペロ干渉計調整回路は、前記ファブリーペロ干渉計を構成する対向ミラー間のキャビティのギャップにを変えるために前記キャビティのギャップを構成するピエゾ素子を機械的に変化させることを特徴とする、請求項16に記載の光波長監視制御装置。

【請求項19】 前記ファブリーペロ干渉計調整回路は、前記ファブリーペロ干渉計を構成する対向ミラー間のキャビティの屈折率を変えるために前記キャビティのギャップに充填される液晶の印加電圧を変化させることを特徴とする、請求項16に記載の光波長監視制御装置。

【請求項20】 波長の異なる複数の光信号の波長を監視する光波長監視制御装置において、前記複数の光信号から分岐される複数の監視光を入力し順番に透過させ又は遮断する光スイッチと、

前記光スイッチの出力に接続され、複数の透過波長を有するファブリーペロ干渉計と、前記ファブリーペロ干渉計を透過する透過監視光を光電流として出力するフォトダイオードと、前記光スイッチを制御し、前記ファブリーペロ干渉計の波長に対する透過率の変化に起因する前記フォトダイオードの出力変化を監視して前記光信号の波長ずれを求める波長監視部とを備えることを特徴とする光波長監視制御装置。

10 【請求項21】 波長の異なる複数の光信号の波長を監視する光波長監視制御装置において、

前記複数の光信号から分岐される複数の監視光を入力し順番に透過させ又は遮断する光スイッチと、前記光スイッチの出力に接続され、複数の透過波長を有するマッハーツエンダ干渉計と、前記マッハーツエンダ干渉計の温度を変化させ前記複数の透過波長を掃引させるマッハーツエンダ干渉計温度調整回路と、

前記マッハーツエンダ干渉計を透過した透過監視光を入力し且つ前記透過波長と前記透過監視光の波長が一致するときに最大の光電流を出力するフォトダイオードと、前記光スイッチを制御し、前記マッハーツエンダ干渉計温度調整回路を制御し、前記フォトダイオードの出力が最大になる時の前記マッハーツエンダ干渉計の温度変化を監視して前記光信号の波長ずれを求める波長監視部とを備えることを特徴とする光波長監視制御装置。

【請求項22】 波長の異なる複数の光信号の波長を監視する光波長監視制御装置において、

前記複数の光信号から分岐される複数の監視光を入力し順番に透過させ又は遮断する光スイッチと、前記光スイッチの出力に接続され、複数の透過波長を有するマッハーツエンダ干渉計と、前記マッハーツエンダ干渉計を透過する透過監視光を光電流として出力するフォトダイオードと、前記光スイッチを制御し、前記マッハーツエンダ干渉計の波長に対する透過率の変化に起因する前記フォトダイオードの出力変化を監視して前記光信号の波長ずれを求める波長監視部とを備えることを特徴とする光波長監視制御装置。

40 【請求項23】 波長の異なる複数の光信号の波長を監視して波長を一定に制御する光波長多重光送信装置において、

前記複数の光信号を送信する複数の光送信手段と、前記複数の光信号から分岐される複数の監視光を順番に透過させ、複数の透過波長を有する光フィルタ手段と、前記光フィルタ手段を透過した透過監視光の強度変化を透過毎に監視して前記光信号の波長ずれを求める前記光信号の波長ずれに応じて前記複数の光送信手段の各光出力について波長を一定に制御する波長監視手段とを備えることを特徴とする光波長多重光送信装置。

【請求項24】前記複数の光送信手段の各々には光信号を生成するレーザーダイオードが設けられ、前記波長ずれに応じて前記レーザーダイオードの温度を制御して前記複数の光信号の波長を一定に制御することを特徴とする、請求項23に記載の光波長多重光送信装置。

【請求項25】前記複数の光送信手段の各々には光信号を生成するレーザーダイオードが設けられ、前記波長ずれに応じて前記レーザーダイオードの注入電流を制御して前記複数の光信号の波長を一定に制御することを特徴とする、請求項23に記載の光波長多重光送信装置。

【請求項26】前記複数の光送信手段の各々には光変調信号を生成する半導体型光変調器集積光源が設けられ、前記波長ずれに応じて前記半導体型光変調器集積光源の温度を制御して前記複数の光変調信号の波長を一定に制御することを特徴とする、請求項23に記載の光波長多重光送信装置。

【請求項27】波長の異なる複数の光信号の波長を監視する光波長監視制御方法において、前記複数の光信号から分岐される複数の監視光を順番に透過させる透過工程と、前記透過工程で透過した透過監視光の波長を探索する探索工程と、前記探索工程で探索した前記透過監視光の波長の変化を監視して前記光信号の波長ずれを求める監視工程とを含むことを特徴とする光波長監視制御方法。

【請求項28】さらに、前記光信号の波長ずれに応じて前記複数の光信号の波長を一定に制御する制御工程を含むことを特徴とする、請求項27に記載の光波長監視制御方法。

【請求項29】波長の異なる複数の光信号の波長を監視して波長を一定に制御する光波長多重光送信方法において、

前記複数の光信号を送信する送信工程と、前記複数の光信号から分岐される複数の監視光を順番に透過させる透過工程と、前記透過工程で透過した透過監視光の波長を探索する探索工程と、前記探索工程で探索した前記透過監視光の波長の変化を監視して前記光信号の波長ずれを求める前記光信号の波長ずれに応じて前記複数の光信号の波長を一定に制御する監視制御工程とを含むことを特徴とする光波長多重光送信方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は多数の異なる波長の光信号について波長の変動を監視し、且つ波長を一定に制御する光波長監視制御装置、光波長多重光送信装置、光波長監視制御方法及び光波長多重光送信方法に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】現在の光伝送システムでは、伝送距離及

び容量拡大を行うため、光アンプを用いた波長分割多重伝送システムが実用化されている。光信号の波長についても容量拡大に伴い波長数が増加するので、波長間隔が狭くなり波長の変動許容範囲が小さくなっている。このため、このシステム導入に伴い、光信号の波長多重数の増加に対して高精度の制御の確保を容易にすることが必要となる。

【0003】このような光伝送システムの技術として、特開平10-75232号公報に記載されるものがある。この公報に記載されている波長多重光伝送装置では光信号の波長の安定化を行う際に、以下に説明するように、波長安定化のために装置の小型化を図っている。

【0004】図12は上記公報に記載される波長多重光伝送装置を示す図である。本図に示すように、複数の光送信回路301、302は互いに異なる波長の光を出し、合波器303は複数の光送信回路301、302の出力を合波し、分波器304は合波器303の出力を複数に分岐する。分波器304には複数の光送信回路301、302に対応して複数の光バンドパスフィルタ305、306が設けられる。複数の光バンドパスフィルタ305、306は分波器304の出力をスペクトル制限する。複数の光バンドパスフィルタ305、306の後段には複数の光電変換部307、308がそれぞれ設けられる。複数の光電変換部307、308は複数の光バンドパスフィルタ305、306からの光信号を電流信号に変換する。誤差検出回路309、310、311、312、313は複数の光電変換部307、308からの電流信号を入力し、端子314、315から基準電圧を入力して設定波長からの誤差を検出する。誤差検出回路309～313に含まれる複数の電流電圧回路309、310は複数の光電変換部307、308からの電流信号を電圧信号に変換する。なお、波長制御回路318は誤差検出回路309～313から誤差信号を、線路316、317を経由して、入力し複数の光送信回路301、302の発信波長を制御する。このようにして、複数の光バンドパスフィルタ305、306の数は波長が多重される光信号の数と同数にでき、装置の小型化が可能になることである。

##### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記波長多重光伝送装置では、複数の光信号の誤差を同時に並列に検出している。このため、波長の多重数が増加した場合に、光バンドパスフィルタ305、306だけでなく光電変換素子307、308、誤差検出回路309～317の数も増加し、結果として、上記波長多重光伝送装置では、監視系が大規模になり、装置の小型化がなお不十分であるという問題がある。

【0006】したがって、本発明は、上記問題点に鑑み、波長の増加に伴う監視系の規模増大を抑制することができる光波長監視制御装置、光波長多重光送信装置、

光波長監視制御方法及び光波長多重光送信方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、前記問題点を解決するために、波長の異なる複数の光信号の波長を監視する光波長監視制御装置において、前記複数の光信号から分岐される複数の監視光を順番に透過させ複数の透過波長を有する光フィルタ手段と、前記光フィルタ手段を透過した監視光の強度変化を透過毎に監視して波長ずれを求める波長監視手段とを備えることを特徴とする光波長監視制御装置を提供する。具体的には、前記光フィルタ手段の透過特性が波長に対して周期性を有するにしてもよく、さらに、前記波長監視手段は前記光フィルタ手段の状態を変化させて透過波長を掃引させ且つ前記監視光の強度が最大となる前記光フィルタ手段の状態変化を監視したり、前記波長監視手段は前記光フィルタ手段の波長に対する透過率の変化に起因する前記透過監視光の強度変化を監視したりして、前記監視光の波長ずれを求める。また、前記波長監視手段は前記光フィルタ手段に対して前記複数の監視光を順番に透過させる制御を行う。また、前記波長監視手段は前記光信号の波長ずれに応じて前記光信号の波長を一定に制御する。この手段により、複数の監視光の波長を順番に探索することが可能になる。

【0008】この手段により、複数の異なる波長の各監視光に対して波長を順番に監視でき、波長の多重数の増加に対しても同様に高精度に監視が可能であり光波長監視制御装置の規模の増大を抑制できる。このため波長の多重数の増加に対して光信号の波長を一定に制御することが有利となる。

【0009】前記光フィルタ手段には前記複数の透過波長を有するアレー導波路回折格子、ファブリーペロ干渉計、又はマッハーツエンダ干渉計のいずれか1つが設けられる。これらの回折格子、干渉計は複数の透過波長を有し、透過波長を掃引したり、波長に対する透過率の変化から監視光の波長を探索することが可能である。

【0010】波長の異なる複数の光信号の波長を監視する光波長監視制御装置において、前記複数の光信号から分岐される複数の監視光を入力し順番に透過させ又は遮断する光スイッチ手段と、前記光スイッチ手段の出力に接続され、複数の透過波長を有し、温度変化により前記複数の透過波長が掃引されるアレー導波路回折格子手段と、前記アレー導波路回折格子を透過した透過監視光の波長と前記透過波長とが一致するときのアレー導波路回折格子手段の温度について温度変化を監視して前記光信号の波長ずれを求める波長監視手段とを備えることを特徴とする光波長監視制御装置を提供する。

【0011】より詳細には、波長の異なる複数の光信号の波長を監視する光波長監視制御装置において、前記複数の光信号から分岐される複数の監視光を入力し順番に透過させ又は遮断する光スイッチ手段と、前記光スイッチ手段の出力に

透過させ又は遮断する光スイッチと、前記光スイッチの出力に接続され、複数の透過波長を有するアレー導波路回折格子と、前記アレー導波路回折格子の温度を変化させて前記複数の透過波長を掃引させるアレー導波路回折格子温度調整回路と、前記アレー導波路回折格子を透過した透過監視光を入力して前記透過波長と前記監視光の波長とが一致するときに最大の光電流を出力するフォトダイオードと、前記光スイッチを制御し、前記アレー導波路回折格子温度調整回路を制御し、前記フォトダイオードの出力が最大になる時の前記アレー導波路回折格子の温度について温度変化を監視して前記光信号の波長ずれを求める波長監視部とを備えることを特徴とする光波長監視制御装置を提供する。

【0012】この手段により、前記光スイッチと前記アレー導波路回折格子を用いることにより、複数の光信号の波長ずれを順番に透過でき、前記アレー導波路回折格子の透過波長を掃引でき、前記アレー導波路回折格子の出力を電気信号に変換するのに一つのフォトダイオードだけで実現できるので、波長の多重数の増加に対して監視系の規模の増大を抑制することができる。

【0013】前記アレー導波路回折格子にはその素子の近傍に加熱、冷却を行うペルチェ素子が設けられ、前記ペルチェ素子は前記アレー導波路回路格子の温度を変化させる。なお、前記アレー導波路回折格子温度調整回路から前記ペルチェ素子に流すペルチェ駆動電流を制御することにより加熱、冷却の制御が可能になる。

【0014】前記アレー導波路回折格子にはその素子の近傍に温度検出素子が設けられ、前記温度検出素子は前記アレー導波路回路格子の温度変化を求めて前記波長監視部に出力する。この手段により、前記波長監視部では前記フォトダイオードの出力最大時に前記アレー導波路回路格子の温度を監視することが可能になる。

【0015】前記波長監視部は前記フォトダイオードの出力が最大になる時に前記アレー導波路回折格子の温度と、前記温度について前記波長ずれが無い場合の初期温度との差に前記アレー導波路回折格子の透過波長の温度係数を乗算して前記光信号の波長のずれを求める。また、前記波長監視部は前記アレー導波路回折格子の温度と前記透過波長との関係を記憶し、前記フォトダイオードの出力が最大になる時の前記アレー導波路回折格子の温度に対して上記関係から求めた透過波長と、前記波長ずれが無い場合の初期透過波長との差を前記監視光の波長のずれとして求める。したがって、従来のように複数の光信号の波長のずれを同時に並列に求めず、順番に一つずつ求めるので、波長ずれを求める処理が簡単になる。特に、波長の多重数の増加に対して有利となる。

【0016】波長の異なる複数の光信号の波長を監視する光波長監視制御装置において、前記複数の光信号から分岐される複数の監視光を入力し順番に透過させ又は遮断する光スイッチ手段と、前記光スイッチ手段の出力に

接続され、複数の透過波長を有するアレー導波路回折格子手段と、前記アレー導波路回折格子を透過した透過監視光について前記アレー導波路回折格子の波長に対する透過率の変化に起因する強度変化を監視して前記光信号の波長ずれを求める波長監視手段とを備えることを特徴とする光波長監視制御装置を提供する。

【0017】より詳細には、波長の異なる複数の光信号の波長を監視する光波長監視制御装置において、前記複数の光信号から分岐される複数の監視光を入力し順番に透過させ又は遮断する光スイッチと、前記光スイッチの出力に接続され、複数の透過波長を有するアレー導波路回折格子と、前記アレー導波路回折格子を透過した透過監視光の強度を光電流として出力するフォトダイオードと、前記光スイッチを制御し、前記アレー導波路回折格子の波長に対する透過率の変化に起因する前記フォトダイオードの出力変化を監視して前記光信号の波長ずれを求める波長監視部とを備えることを特徴とする光波長監視制御装置を提供する。したがって、従来のように複数の光信号の波長のずれを同時に並列に求めず、順番に一つずつ求めるので、波長ずれを求める処理が簡単になる。特に、波長の多重数の増加に対して有利となる。さらに、何らかの理由でアレー導波路回折格子の温度を変化させることができが好ましくない場合に有利である。

【0018】波長の異なる複数の光信号の波長を監視する光波長監視制御装置において、前記複数の光信号から分岐される複数の監視光を入力し順番に透過させ又は遮断する光スイッチと、前記光スイッチの出力に接続され、複数の透過波長を有するファブリーペロ干渉計と、前記ファブリーペロ干渉計の状態を変化させて前記複数の透過波長を掃引させるファブリーペロ干渉計調整回路と、前記ファブリーペロ干渉計を透過した透過監視光を入力し前記透過波長と前記透過監視光の波長とが一致するときに最大の光電流を出力するフォトダイオードと、前記光スイッチを制御し、前記ファブリーペロ干渉計調整回路を制御し、前記フォトダイオードの出力が最大になる時における前記ファブリーペロ干渉計の状態変化監視して前記光信号の波長ずれを求める波長監視部とを備えることを特徴とする光波長監視制御装置を提供する。

【0019】具体的には、前記ファブリーペロ干渉計調整回路は、前記ファブリーペロ干渉計を構成する対向ミラー間のキャビティのギャップを変えるために、前記対向ミラーの温度を変化させたり、前記ファブリーペロ干渉計調整回路は、前記ファブリーペロ干渉計を構成する対向ミラー間のキャビティのギャップを変えるために、前記キャビティのギャップに充填されるピエゾ素子を機械的に変えさせ、前記ファブリーペロ干渉計調整回路は、前記ファブリーペロ干渉計を構成する対向ミラー間のキャビティの屈折率を変えるために、前記キャビティのギャップに充填される液晶の印加電圧を変化させるようにしてもよい。

【0020】この手段により、前述のアレー導波路回路格子だけでなく、ファブリーペロ干渉計でも本願の目的が実現可能になる。

【0021】波長の異なる複数の光信号の波長を監視する光波長監視制御装置において、前記複数の光信号から分岐される複数の監視光を入力し順番に透過させ又は遮断する光スイッチと、前記光スイッチの出力に接続され、複数の透過波長を有するファブリーペロ干渉計と、前記ファブリーペロ干渉計を透過した透過監視光を光電流として出力するフォトダイオードと、前記光スイッチを制御し、前記ファブリーペロ干渉計の波長に対する透過率の変化に起因する前記フォトダイオードの出力変化を監視し前記光信号の波長ずれを求める波長監視部とを備えることを特徴とする光波長監視制御装置を提供する。

【0022】この手段により何らかの理由でファブリーペロ干渉計の温度等を変化させることができが好ましくない場合に有利である。波長の異なる複数の光信号の波長を監視する光波長監視制御装置において、前記複数の光信号から分岐される複数の監視光を入力し順番に透過させ又は遮断する光スイッチと、前記光スイッチの出力に接続され、複数の透過波長を有するマッハーツエンダ干渉計と、前記マッハーツエンダ干渉計の温度を変化させ前記複数の透過波長を掃引させるマッハーツエンダ干渉計温度調整回路と、前記マッハーツエンダ干渉計を透過した透過監視光を入力し前記透過波長と前記監視光の波長が一致するときに最大の光電流を出力するフォトダイオードと、前記光スイッチを制御し、前記マッハーツエンダ干渉計温度調整回路を制御し、前記フォトダイオードの出力が最大になる時の前記マッハーツエンダ干渉計の温度変化を監視して前記光信号の波長ずれを求める波長監視部とを備えることを特徴とする光波長監視制御装置を提供する。

【0023】この手段により、前述のアレー導波路回路格子、ファブリーペロ干渉計だけでなく、マッハーツエンダ干渉計でも本願の目的が実現可能になる。

【0024】波長の異なる複数の光信号の波長を監視する光波長監視制御装置において、前記複数の光信号から分岐される複数の監視光を入力し順番に透過させ又は遮断する光スイッチと、前記光スイッチの出力に接続され、複数の透過波長を有するマッハーツエンダ干渉計と、前記マッハーツエンダ干渉計の出力光を光電流として出力するフォトダイオードと、前記光スイッチを制御し、前記マッハーツエンダ干渉計の波長に対する透過率の変化に起因する前記フォトダイオードの出力変化を監視して前記光信号の波長ずれを求める波長監視部とを備えることを特徴とする光波長監視制御装置を提供する。

【0025】この手段により何らかの理由でマッハーツエンダ干渉計の温度を変化させることができが好ましくない場合に有利である。

【0026】波長の異なる複数の光信号の波長を監視して波長を一定に制御する光波長多重光送信装置において、前記複数の光信号を生成する複数の光送信手段と、前記複数の光信号から分岐される複数の監視光を順番に透過させ、複数の透過波長を有する光フィルタ手段と、前記光フィルタ手段を透過する毎に前記光フィルタ手段を透過した前記透過監視光の強度変化を監視して前記光信号の波長ずれを求める前記光信号の波長ずれに応じて前記複数の光送信手段の各光出力について波長を一定に制御する波長監視手段とを備えることを特徴とする光波長多重光送信装置を提供する。具体的には、前記複数の光送信手段の各々には光信号を生成するレーザーダイオードが設けられ、前記波長ずれに応じて前記レーザーダイオードの温度を制御して前記複数の光信号の波長を一定に制御したり、前記複数の光送信手段の各々には光信号を生成するレーザーダイオードが設けられ、前記波長ずれに応じて前記レーザーダイオードの注入電流を制御して前記複数の光信号の波長を一定に制御したり、前記複数の光送信手段の各々には光変調信号を生成する半導体型光変調器集積光源が設けられ、前記波長ずれに応じて前記半導体型光変調器集積光源の温度を制御して前記複数の光変調信号の波長を一定に制御したりしてもよい。

【0027】この手段により、波長の多重数の増加に対して、高精度の波長制御を行える波長多重光送信装置を低コストで提供することが可能になる。

【0028】波長の異なる複数の光信号の波長を監視する光波長監視制御方法において、前記複数の光信号から分岐される複数の監視光を順番に透過させる透過工程と、前記透過工程で透過した前記監視光の波長を探索する探索工程と、前記探索工程で探索した前記監視光の波長の変化を監視して前記光信号の波長ずれを求める監視工程とを含むことを特徴とする光波長監視制御方法を提供する。さらに、前記光信号の波長ずれに応じて前記複数の光信号の波長を一定に制御する制御工程を含むようにしてもよい。

【0029】この手段により、複数の異なる波長の光出力の波長監視を順番にでき、波長の多重数の増加に対しても波長の監視の方法が簡単になる。このため波長の多重数の増加に対して光信号の波長を一定に制御することが有利となる。

【0030】波長の異なる複数の光信号の波長を監視して波長を一定に制御する光波長多重送信方法において、前記複数の光信号を送信する送信工程と、前記複数の光信号から分岐される複数の監視光を順番に透過させる透過工程と、前記透過工程で透過した前記透過監視光の波長を探索する探索工程と、前記探索工程で探索した前記透過監視光の波長の変化を監視して前記光信号の波長ずれを求める前記光信号の波長ずれに応じて前記複数の光信号について波長を一定に制御する監視制御工程とを含むことを特徴とする光波長多重光送信方法を提供する。

【0031】この手段により、波長の多重数の増加に対して、高精度の波長制御を行える波長多重光送信方法を低コストで提供することが可能になる。

【0032】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0033】図1は本発明に係る狭帯域型の波長多重光送信装置の概略ブロックを示す図である。本図に示すように、狭帯域型の波長多重(NB-WDM)光送信装置10には、複数の異なる波長で波長間隔を狭くした光信号を出力する多数の光送信器の一例として、光送信器1、2、3、4が設けられる。光送信器1～4の各々には、後述するように、設定された波長の光信号を生成するレーザーダイオード(LD)が設けられている。

【0034】さらに、狭帯域型の波長多重光送信装置には、光送信器1～4の各々の光出力1A、2A、3A、4Aについて、波長の監視、制御を行う光波長監視制御装置が設けられる。ここに、光出力1A～4Aの波長を、それぞれ、 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$  ( $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > \lambda_4$ )とする。

【0035】光波長監視制御装置には、光送信器1～4の光出力1A～4Aの各々から監視光1B、2B、3B、4Bを分岐する光分岐器5、6、7、8が設けられる。ここに、監視光1B～4Bの波長は光出力1A～4Aの波長と同一であり、それぞれ、 $\lambda_1$ ～ $\lambda_4$ である。

【0036】光分岐器5～8の分岐出力の各々には複数の光スイッチ9、10、11、12が設けられる。複数の光スイッチ9～12は監視光1B～4Bを順番に透過させたり又は遮断したりする。なお、複数の光スイッチ9、10、11、12はマトリックス形のスイッチであってもよい。

【0037】複数の光スイッチ9～12の出力にはアレー導波路回折格子(AWG)13が設けられる。アレー導波路回折格子13では複数の光スイッチ9～12からの監視光1B～4Bが透過する光信号の透過波長 $\lambda_{AWG1}$ 、 $\lambda_{AWG2}$ 、 $\lambda_{AWG3}$ 、 $\lambda_{AWG4}$  ( $\lambda_{AWG1} > \lambda_{AWG2} > \lambda_{AWG3} > \lambda_{AWG4}$ )が決められている。アレー導波路回折格子13の内部の導波路温度を変えることにより透過波長 $\lambda_{AWG1}$ ～ $\lambda_{AWG4}$ は変化する。

【0038】アレー導波路回折格子温度調整回路14はアレー導波路回折格子13の透過波長 $\lambda_{AWG1}$ ～ $\lambda_{AWG4}$ を変化させるためアレー導波路回折格子13温度変化を制御する。

【0039】アレー導波路回折格子13の出力にはフォトダイオード15が一つ設けられ、フォトダイオード15はアレー導波路回折格子13の出力光を受光し、受光した光強度に比例した大きさの電流を出力する。

【0040】レーザーダイオード温度制御回路16は光送信器1～4の各々にLD温度制御信号を出力して光送信器1～4のレーザーダイオードの温度を変化させる。

なお、レーザーダイオードの温度制御を介してレーザーダイオードの光出力1A～4Aの波長λ1～λ4が制御される。このため、レーザーダイオード温度制御回路16は光送信器1～4の各レーザーダイオードの温度変化に対する光出力1A～4Aの波長変化の関係データを格納している。なお、上記のレーザーダイオードの温度により波長を制御する代わり、レーザーダイオードへの注入電流により波長を制御するようにしてもよい。

【0041】波長監視部17は複数の光スイッチ9～12にそれぞれ複数の光スイッチ制御信号1C～4Cを出力し、アレー導波路回折格子温度調整回路14にAWG温度制御信号を出力し、レーザーダイオード温度制御回路16に波長誤差信号を出力する。さらに、波長監視部17はアレー導波路回折格子温度調整回路14からAWG温度情報を入力し、フォトダイオード15から光強度監視情報を入力する。波長監視部17は、後述するように、光強度監視情報に基づいて波長誤差を計算して波長誤差信号をレーザーダイオード温度制御回路16に出力する。

【0042】図2は図1の光送信器1～4の各々について構成例を示す図である。本図に示すように、光送信器1～4の各々には、光出力1A～4Aを形成するレーザーダイオード20と、これを駆動するレーザーダイオード駆動部30と、光出力1A～4Aの強度を一定に保持する出力電力一定回路40と、光出力1A～4Aの波長を調整するレーザーダイオード温度調整部50とが設けられている。

【0043】さらに詳細には、レーザーダイオード20には光出力1A～4Aを形成するレーザーダイオード素子200と、光出力1A～4Aの強度を監視する光出力強度監視部201と、レーザーダイオード素子200の近傍にペルチェ素子202と、温度検出素子203とが設けられている。

【0044】レーザーダイオード素子200は、電気信号を光信号に変換する素子であり、レーザーダイオード駆動回路30からデータ駆動波形信号を入力すると、電流がPN接合に注入されて発光する。発光の大部分は光出力1A～4Aとして出力され、発光の一部は強度監視光として光出力監視部201に出力される。

【0045】光出力強度監視部201は強度監視光により光出力1A～4Aの強度を監視する。すなわち、強度監視光が光出力1A～4Aの強度と比例関係にあるため監視光の強度を監視することと光出力1A～4Aの強度を監視することとが等価になる。

【0046】ペルチェ素子202は電流を流すと発熱・吸熱を行い、電流の向きを逆にすることにより発熱・吸熱が逆になる素子である。ペルチェ素子202はレーザーダイオード温度調整部50からペルチェ駆動電流を入力してレーザーダイオード素子200を加熱、冷却し温度を変化させ発光の中心波長を変化させる。

【0047】温度検出素子203はレーザーダイオード素子200の周辺の温度を検出し、レーザーダイオード温度調整部50にLD温度情報を出力する。

【0048】次に、レーザーダイオード駆動部30は送信すべきデータ信号を入力し、レーザーダイオード素子200が発光できるようにデータ信号をデータ駆動波形信号に変換する。

【0049】出力電力一定回路40は光出力強度監視部201からの出力電力監視信号を監視し、光出力の強度が一定値になるようにレーザーダイオード駆動部30の出力であるデータ駆動波形信号を変化させる。この出力電力一定信号により、例えば、レーザーダイオード駆動部30では、レーザーダイオード素子200を駆動する電流量として、データ駆動波形信号の波形振幅が変化する。

【0050】レーザーダイオード温度調整部50は温度検出素子203からのLD温度情報を監視して温度が一定になるようにペルチェ素子202にLDペルチェ駆動電流を出力する。なお、レーザーダイオード温度調整部50は、レーザーダイオード温度制御回路16から新たなLD温度制御信号を入力すると、新たな温度になるように温度検出素子203からのLD温度情報を監視してペルチェ素子202にLDペルチェ駆動電流を出力する。また、レーザーダイオード温度制御回路16は、後述するように、複数の光スイッチ制御信号1C～4Cの各々の周期毎にLD温度制御信号を更新してレーザーダイオード温度調整部50に出力する。

【0051】なお、上記レーザーダイオード20に代わって、これを半導体型光変調器集積光源に置き換えるよい。半導体型光変調器集積光源の温度を変えることにより波長が変化するので、本発明の適用が可能なためである。

【0052】図3は図1のアレー導波路回折格子13の構成例を示す図である。本図に示すように、アレー導波路回折格子13にはアレー導波路回折格子素子130と、この近傍にペルチェ素子131と、温度検出素子132とが設けられている。アレー導波路回折格子素子130は、長さが異なる多数の導波路、回折格子、スラブ導波路等からなり、一般的には、N波多重した光信号が入力されるとNポートに分波して出力される。また反対にN波の光信号がNポートから入力されると1ポートに合波して出力される。アレー導波路回折格子素子130は石英でできており、屈折率に温度特性を持っているため、導波路を透過する透過波長も温度によって変化する特性を有する。

【0053】アレー導波路回折格子素子130と複数の光スイッチ9～12とを組み合わせることにより可変波長フィルタの機能が実現される。この機能は多数の入力光から任意の一つの入力光を選択することを容易にするので、波長の多重数の増加に対して有利にはたらく。

【0054】ペルチェ素子131はアレー導波路回折格子温度調整回路14からペルチェ駆動電流を入力してアレー導波路回折格子素子130を加熱、冷却し、アレー導波路回折格子素子130の温度を変化させ屈折率を変化させる。これにより、アレー導波路回折格子素子130では透過する光信号の透過波長 $\lambda_{AWG1} \sim \lambda_{AWG4}$ を一括して変化させることが可能になる。

【0055】温度検出素子132はアレー導波路回折格子素子130の周辺の温度を検出し、これをAWG温度情報として波長監視部17に出力する。

【0056】図4は波長監視部17の動作例を説明するタイムチャートである。本図に示すように、波長監視部17が複数の光スイッチ9～12に出力する複数の光スイッチ制御信号1C～4Cの各々は一定周期の持続時間( $\Delta t$ )の矩形波であり、これらの矩形波は互いに重ならないように矩形波の部分が時間的にずれて形成される。なお、この周期はアレー導波路回折格子13の温度変化の時間遅れが無視できる程度に設定される。

【0057】複数の光スイッチ9～12の各々は、複数の光スイッチ制御信号1C～4Cの各々の矩形波について持続時間中に監視光1B～4Bの各々を透過させ、且つ複数の光スイッチ制御信号1C～4Cの各々の矩形波について矩形波の持続時間外で監視光1B～4Bの各々を遮断する。このため、複数の光スイッチ制御信号1C～4Cによりアレー導波路回折格子13には監視光1B～4Bが順番に一つずつ入力される。

【0058】次に、波長監視部17がアレー導波路回折格子温度調整回路14に出力するAWG温度制御信号は複数の光スイッチ制御信号1C～4Cの各矩形波について持続時間( $\Delta t$ )中に上昇し持続時間外で下降する鋸波形の電圧信号である。この電圧信号はV0を中心にして振幅 $\Delta V$ で振動変化させる。

【0059】さらに、AWG温度制御信号の電圧信号はAWG温度調整回路14で上記電圧信号と類似波形の鋸状の電流信号に変換されて、アレー導波路回折格子13に出力するAWGペルチェ駆動電流に形成される。上記電圧信号の電圧V0に対応してこの電流信号は電流I0を中心にして振幅 $\Delta I$ で振動変化する。複数の光スイッチ制御信号の持続時間( $\Delta t$ )中ではAWGペルチェ駆動電流によりアレー導波路回折格子素子130を加熱し、次の複数の光スイッチ制御信号について持続時間( $\Delta t$ )開始までに冷却し加熱前の状態に戻る。なお、この加熱、冷却はこれと逆に冷却、加熱にしてもよい。

【0060】次に、アレー導波路回折格子13から波長監視部17に出力されるAWG温度情報はアレー導波路回折格子素子130の温度変化の情報である。この情報はAWGペルチェ駆動電流に起因してアレー導波路回折格子素子130の加熱、冷却によって生じる。このAWG温度情報では、アレー導波路回折格子素子130の温度はAWG温度制御信号と同様の鋸状の信号波形にな

り、温度T0を中心に振幅 $\Delta T$ で振動変化する。

【0061】図5はアレー導波路回折格子13のAWG透過波長 $\lambda_{AWG1} \sim \lambda_{AWG4}$ と監視光1B～4Bの波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ との関係例を説明する図である。本図に示すように、一例として、監視光1Bが複数の光スイッチ9で透過し、監視光2B～4Bが光スイッチ10～12で遮断されている場合に、アレー導波路回折格子素子130の温度変化により、透過波長 $\lambda_{AWG1} \sim \lambda_{AWG4}$ の各々は波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の各々の短波長側から長波長側に一括して掃引され、その後折り返される。図中の監視光1Bの波長 $\lambda_1'$ は波長 $\lambda_1$ から $\Delta \lambda \times 1$ だけずれているとする。

【0062】図4に戻り、透過波長 $\lambda_{AWG1} \sim \lambda_{AWG4}$ が一括に掃引され、この掃引により監視光1B～4Bの波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ が順番に探索される。フォトダイオード15から波長監視部17への光強度監視情報において、一括して掃引される透過波長 $\lambda_{AWG1} \sim \lambda_{AWG4}$ の各々と監視光1B～4Bの波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の各々とが一致すると、前述のように、フォトダイオード15の出力電流が最大となる。この時のアレー導波路回折格子13の温度がAWG温度情報により得られる。予め、監視光1B～4Bの波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ のずれが無い場合で上記出力電流最大時にアレー導波路回折格子13の温度が初期温度T01、T02、T03、T04として記憶される。

【0063】図6は監視光による光信号の波長ずれ $\Delta \lambda \times$ の大きさを計算するための例を説明する図である。例えば、本図に示すように、光スイッチ9が透過状態にあり、監視光1Bの波長 $\lambda_1$ に変動が無い場合には、光強度監視情報のフォトダイオード15の出力が点線のようになる。この場合、アレー導波路回折格子13の透過波長 $\lambda_{AWG1}$ と監視光1Bの波長 $\lambda_1'$ とが一致するアレー導波路回折格子素子130の温度はT01である。

【0064】光スイッチ9が透過状態にあり、監視光1Bの波長 $\lambda_1$ に変動がある場合には、光強度監視情報のフォトダイオード15の出力が実線のようになる。この場合、アレー導波路回折格子13の透過波長 $\lambda_{AWG1}$ と監視光1の波長 $\lambda_1'$ （図5参照）とが一致するアレー導波路回折格子素子130の温度をT1とすると、監視光1Bにより光信号の波長ずれ $\Delta \lambda \times 1$ は、

$$\Delta \lambda \times 1 = \lambda_1' - \lambda_1 = \alpha (T_1 - T_{01})$$

40 として得られる。ここに、 $\alpha$ はアレー導波路回折格子素子130について単位温度当たりの透過波長の変化を表す温度係数(A/°c)である。

【0065】同様にして、監視光2B、3B、4Bによる光信号の波長ずれ $\Delta \lambda \times 2$ 、 $\Delta \lambda \times 3$ 、 $\Delta \lambda \times 4$ は、 $\Delta \lambda \times 2 = \lambda_2' - \lambda_2 = \alpha (T_2 - T_{02})$

$$\Delta \lambda \times 3 = \lambda_3' - \lambda_3 = \alpha (T_3 - T_{03})$$

$$\Delta \lambda \times 4 = \lambda_4' - \lambda_4 = \alpha (T_4 - T_{04})$$

として順番に得られる。以上の波長ずれは繰り返し求められる。したがって、本実施の形態では従来のように監視光1B、2B、3B、4Bによる光信号の波長ずれを

同時に並列に求めず、波長のずれを1つずつ求めるので、波長ずれ処理が容易になる。また、波長の多重数の増加に対して有利になる。

【0066】図7はアレー導波路回折格子13の温度と透過波長との関係例を示す図である。上記温度係数を用いる方式に代わり、本図に示すように、アレー導波路回折格子素子130の温度と透過波長との関係を直接求めて予め記憶しておく。アレー導波路回折格子素子130の温度を変化させたとき、どの温度でフォトダイオード15に入射する監視光1B～4Bの光強度が最大となるかを監視する。この監視で得られた温度と上記の記憶された関係とから上記光強度が最大となるアレー導波路回折格子素子130の温度T1(T2、T3、T4)に対する透過波長 $\lambda_{AWG1}$ ( $\lambda_{AWG2\sim AWG4}$ )が求められる。このようにして、透過波長透過波長 $\lambda_{AWG1}$ ( $\lambda_{AWG2\sim AWG4}$ )の変化から監視光1B(2B～4B)による光信号の波長ずれ $\Delta\lambda\times1$ ( $\Delta\lambda\times2$ 、 $\Delta\lambda\times3$ 、 $\Delta\lambda\times4$ )を求めることが可能になる。

【0067】したがって、本実施の形態によれば、波長の多重数が増加しても、分岐器5～8、光スイッチ9～12の数が増加するがこれらの小型化への影響は小さく、また、アレー導波路回折格子13についても波長の多重数の増加に対する影響は小さい。すなわち光波長監視制御装置の構成が簡単でもあり、波長の多重数が増加しても構成の変更は小さい。また、波長の多重数の増加に対しても波長のずれの精度をそのまま高精度に維持することができる。

【0068】次に、波長監視部17は監視光1B～4Bの各々に対して順番に波長 $\lambda 1\sim\lambda 4$ の波長ずれ $\Delta\lambda\times1\sim\Delta\lambda\times4$ を求め、これを波長誤差信号としてレーザーダイオード温度制御回路16に順番に出力する。

【0069】前述のように、レーザーダイオード温度制御回路16から光送信器1～4にはLD温度制御信号が outputされ、光送信器1～4の光信号1A～4Aについて波長 $\lambda 1\sim\lambda 4$ の補正が行われる。

【0070】このように、波長の多重数の増加に対しても規模の増大を抑制できる光波長監視制御装置を波長多重光送信装置に内蔵することにより、低コストで高精度な波長制御を確保することが可能になる。

【0071】次に他の実施例について説明する。

【0072】図8は図1の変形例を説明する図である。本図において、図1と異なる構成はアレー導波路回折格子温度調整回路14を削除したことである。すなわち、アレー導波路回折格子13の透過波長は固定して使用される。

【0073】図9はアレー導波路回折格子13の透過波長の設定例を説明する図である。本図に示すように、アレー導波路回折格子13のAWG透過波長 $\lambda_{AWG1\sim AWG4}$ は、一例として、監視光1B～4Bの波長 $\lambda 1\sim\lambda 4$ に対して短波長側に設定される。長波長側に設定されても

よい。波長監視部17では、アレー導波路回折格子13の各透過波長 $\lambda_{AWG1\sim AWG4}$ に対する通過域において波長に対する透過率変化を利用して本実施の形態では監視光1B～4Bに対するフォトダイオード15の出力電流の変化 $\Delta I 0 1$ (I02、I03、I04)が監視光1B～4Bの強度変化として求められる。これらの出力電流の変化から監視光1B～4Bに対して波長 $\lambda 1\sim\lambda 4$ 波長の波長ずれ $\Delta\lambda\times1$ 、 $\Delta\lambda\times2$ 、 $\Delta\lambda\times3$ 、 $\Delta\lambda\times4$ が求められる。何らかの理由でアレー導波路回折格子13の温度を変えることが好ましくない場合に有利である。

【0074】図10は図1の狭帯域型の波長多重光送信装置にファブリーペロ干渉計13Aが設けられる例の概略プロックを示す図である。本図に示すように、図1のアレー導波路回折格子13、アレー導波路回折格子温度調整回路14に代わり、ファブリーペロ干渉計13Aと、これを駆動して透過波長を変化させるファブリーペロ干渉計駆動調整回路14Aとが設けられる。

【0075】ファブリーペロ干渉計13Aは2枚のミラーを平行に対向し、干渉計としたものであり、複数の周期的な透過波長を有し、透過波長は、ミラー間のキャビティのギャップ、屈折率を変えたりすることで、変化する。

【0076】ファブリーペロ干渉計13Aのキャビティのギャップをファブリーペロ干渉計調整回路14Aで制御する例として、ミラーの温度を直接変えてキャビティのギャップを変えることがあげられる。この場合にはミラーの厚さを大きくしておくと、キャビティのギャップの温度制御に有利である。

【0077】さらに、ファブリーペロ干渉計13Aのキャビティのギャップをピエゾ素子で機械的に変化させることも可能である。

【0078】さらに、ファブリーペロ干渉計13Aの屈折率を、キャビティに液晶を充填して電圧印加により、変化させることも可能である。

【0079】なお、ファブリーペロ干渉計調整回路では、上記ミラーの温度変化の場合には加熱用駆動電流、ピエゾ素子、液晶に対してはそれぞれの駆動電流が outputされる。

【0080】4入力4出力の光スイッチ9、10、11、12に代わり、4入力1出力の光スイッチであってもよい。小型のファブリーペロ干渉計に対して有利である。

【0081】図11は図1の狭帯域型の波長多重光送信装置にマッハーツエンダ干渉計13Bが設けられる例の概略プロックを示す図である。本図に示すように、図1の複数の光スイッチ9、10、11、12、アレー導波路回折格子13、アレー導波路回折格子温度調整回路14に代わり、4入力1出力の光スイッチ9A、光スイッチ9Aに出力に接続されるマッハーツエンダ干渉計13Bと、マッハーツエンダ干渉計13Bの透過波長を変化さ

せる調整を行うマッハーツエンダ干渉計調整回路14Bとが設けられる。マッハーツエンダ干渉計13Bは一つの導波路を二つに分け、これらの導波路の長さが異なるようにし、さらにこれらの導波路を一つにした干渉計であり、複数の周期的な透過波長を有する。導波路の屈折率が温度で変化するので、温度を変えることにより複数の透過波長を変化することが可能である。

【0082】このようにして、ファブリーペロ干渉計13A、マッハーツエンダ干渉計13Bは、アレー導波路回折格子13と同様の作用効果を得ることができる。

【0083】なお、ファブリーペロ干渉計13A、マッハーツエンダ干渉計13Bでは、固定の透過波長を用い、図9のように、波長に対する透過率の変化を利用して波長ずれが求められるようにしてよい。

#### 【0084】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、光スイッチとアレー導波路回折格子等を用いて、透過波長の掃引、波長に対する透過率の変化から、監視光の波長を順番に探索して波長ずれを求めるので、波長の多重数の増加に対しても光波長監視制御装置の規模増大の抑制が可能であり、波長ずれの精度を高精度に維持することができる。波長の多重数の増加に対しても、高精度の波長制御を行える波長多重光送信装置を低コストで提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る狭帯域型の波長多重光送信装置の概略ブロックを示す図である。

【図2】図1の光送信器1~4の各々について構成例を示す図である。

【図3】図1のアレー導波路回折格子13の構成例を示す図である。

【図4】波長監視部17の動作例を説明するタイムチャートである。

【図5】アレー導波路回折格子13のAWG透過波長 $\lambda_{AWG1}$ ~ $\lambda_{AWG4}$ と監視光1B~4Bの波長 $\lambda_1$ ~ $\lambda_4$ との関係を説明する図である。

【図6】監視光による光信号の波長ずれの大きさを計算するための例を説明する図である。

【図7】アレー導波路回折格子13の温度と透過波長との関係例を示す図である。

【図8】図1の変形例を説明する図である。

【図9】アレー導波路回折格子13の透過波長の設定例を説明する図である。

【図10】図1の狭帯域型の波長多重光送信装置にファブリーペロ干渉計13Aが設けられる例の概略ブロックを示す図である。

【図11】図1の狭帯域型の波長多重光送信装置にマッハーツエンダ干渉計13Bが設けられる例の概略ブロックを示す図である。

10 【図12】上記公報に記載される波長多重光伝送装置を示す図である。

#### 【符号の説明】

1、2、3、4…光送信器

5、6、7、8…光分岐器

9、10、11、12…光スイッチ

9A…光スイッチ

13…アレー導波路回折格子

13A…ファブリーペロ干渉計

13B…ファブリーペロ干渉計

20 14…アレー導波路回折格子温度調整回路

14A…ファブリーペロ干渉計調整回路

14B…ファブリーペロ干渉計温度調整回路

15…フォトダイオード

16…レーザーダイオード温度制御回路

17…波長監視部

20…レーザーダイオード

30…レーザーダイオード駆動部

40…出力電力一定回路

50…レーザーダイオード温度調整部

130…アレー導波路回折格子素子

131…ペルチェ素子

132…温度検出素子

200…レーザーダイオード素子

201…光出力強度監視部

202…ペルチェ素子

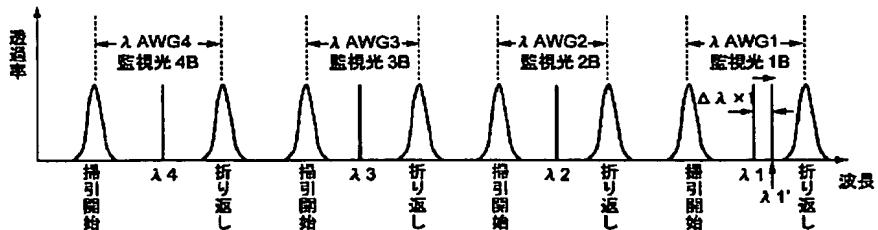
203…温度検出素子

1A、2A、3A、4A…光出力

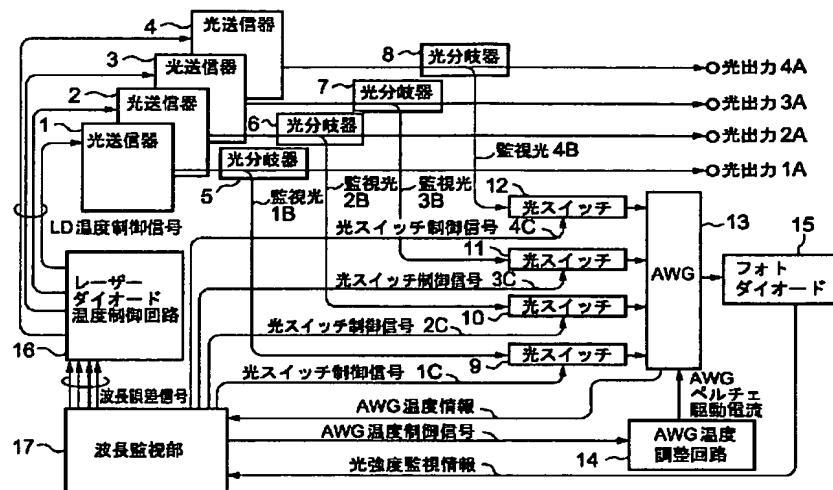
1B、2B、3B、4B…監視光

1C、2C、3C、4C…光スイッチ制御信号

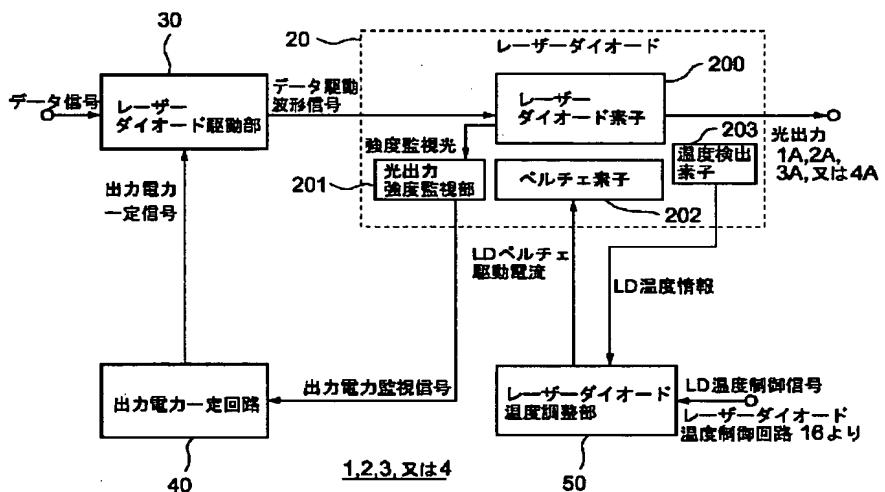
【図5】



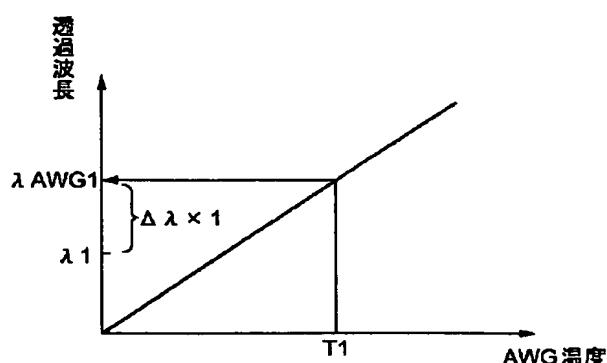
【図1】



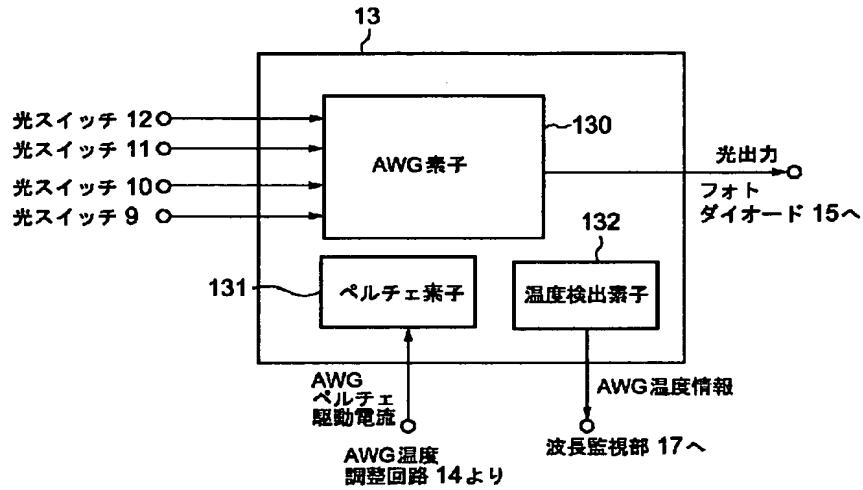
【図2】



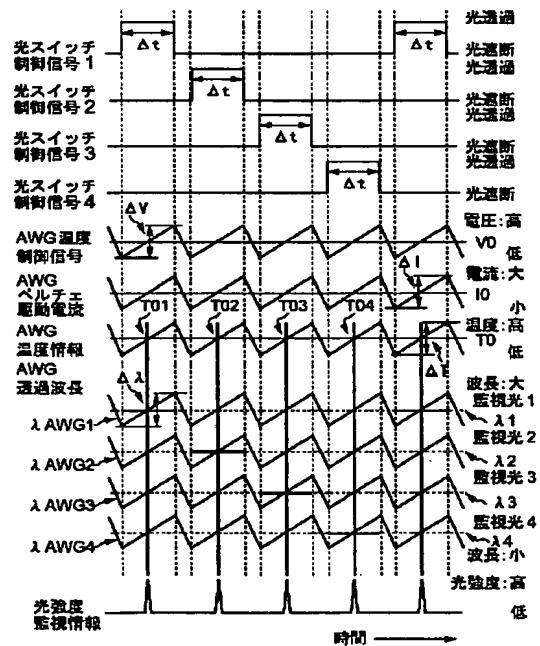
【図7】



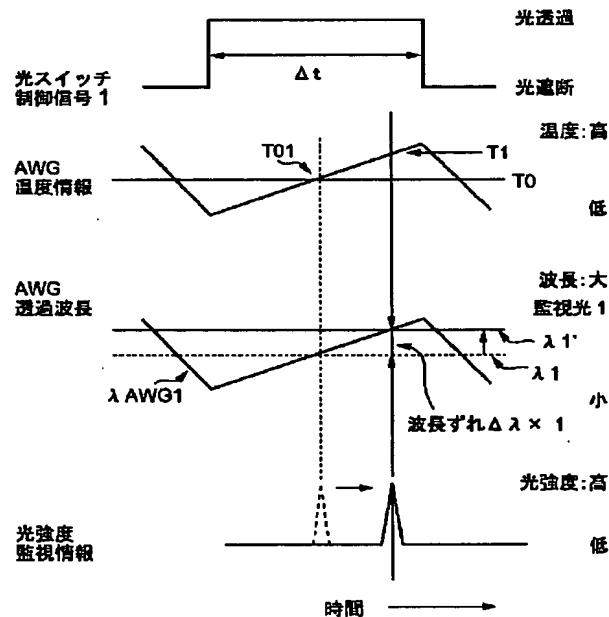
【図3】



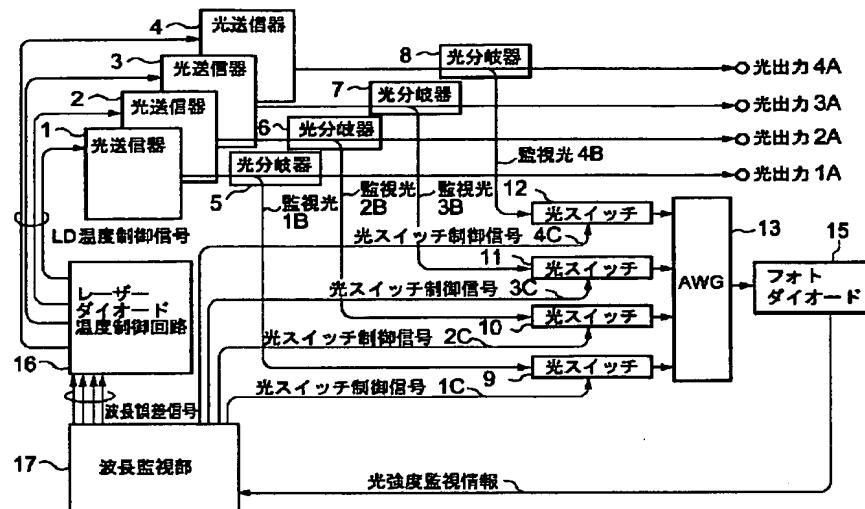
【図4】



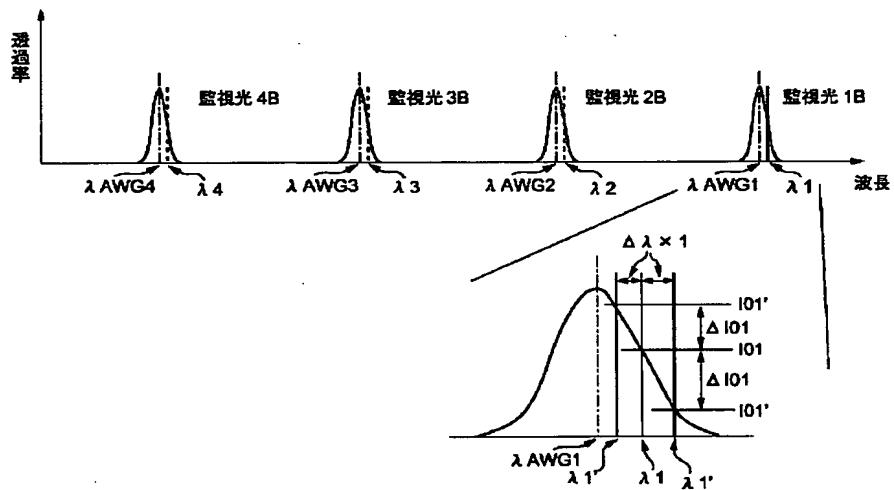
【図6】



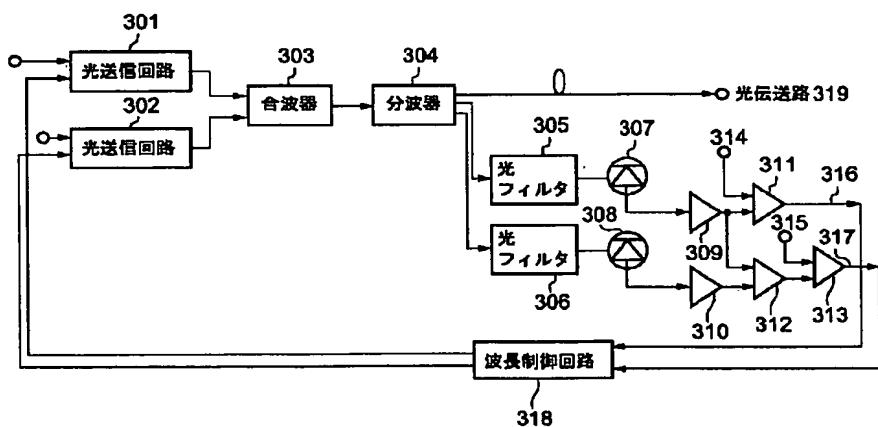
【図8】



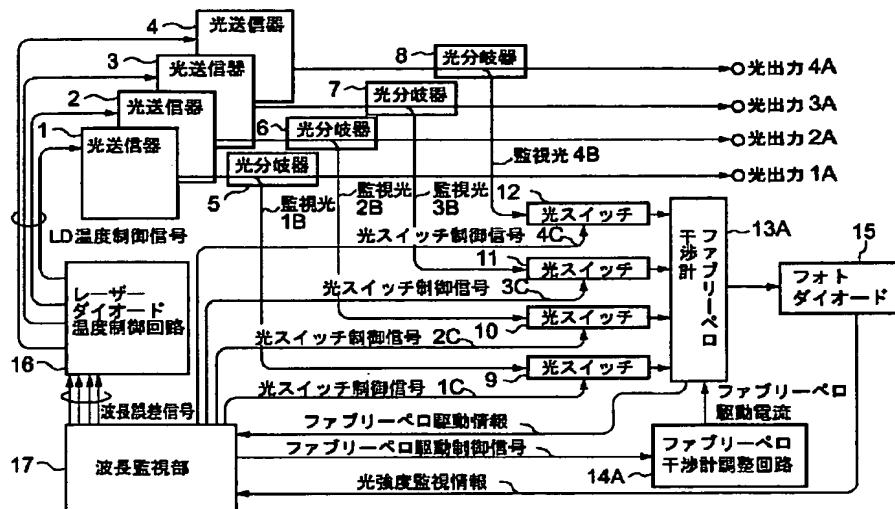
【図9】



【図12】



【図10】



【図11】

